

# Resumo Premium

## Mecânica dos Fluidos

### HIDRODINÂMICA

Preparação para Exames de Admissão UEM

Por: Alcino Pedro

## Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução à Mecânica dos Fluidos e Hidrodinâmica</b>	<b>2</b>
1.1	Diferença entre Líquidos e Gases	2
<b>2</b>	<b>Vazão Volúmica ou Caudal</b>	<b>2</b>
2.1	Definição e Conceito	2
2.2	Fórmula Geral da Vazão	2
2.3	Vazão para Escoamento Estacionário	3
<b>3</b>	<b>Viscosidade</b>	<b>3</b>
3.1	Conceito de Viscosidade	3
3.2	Visualização da Viscosidade	3
3.3	Influência da Viscosidade no Escoamento	4
<b>4</b>	<b>Fluido Ideal</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Princípio da Continuidade</b>	<b>4</b>
5.1	Conceito Físico	4
5.2	Dedução da Equação da Continuidade	5
5.3	Equação da Continuidade	5
<b>6</b>	<b>Princípio de Bernoulli</b>	<b>5</b>
6.1	Introdução e Conceito	5
6.2	Dedução Conceptual	5
6.3	Equação de Bernoulli	6
6.4	Formas Alternativas da Equação	6
6.5	Aplicações do Princípio de Bernoulli	7
<b>7</b>	<b>Exemplos Resolvidos</b>	<b>7</b>
7.1	Exemplo 1: Aplicação da Continuidade	7
7.2	Exemplo 2: Aplicação de Bernoulli	8

# 1 Introdução à Mecânica dos Fluidos e Hidrodinâmica

A mecânica dos fluidos é o ramo da física que estuda o comportamento dos fluidos (líquidos e gases) em repouso e em movimento. A **hidrodinâmica**, especificamente, trata do estudo dos fluidos em movimento.

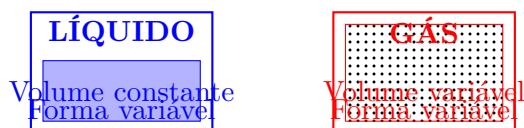
## Definição

**Fluido:** Substância que se deforma continuamente sob a acção de uma tensão de corte, por menor que seja. Inclui líquidos e gases.

### Características principais dos fluidos:

- Não possuem forma própria definida
- Assumem a forma do recipiente que os contém
- Podem escoar (fluir) de um local para outro
- Oferecem pouca resistência às forças de corte

## 1.1 Diferença entre Líquidos e Gases



# 2 Vazão Volúmica ou Caudal

## 2.1 Definição e Conceito

### Definição

A **vazão volúmica** (ou caudal) é a quantidade de volume de fluido que atravessa uma secção transversal por unidade de tempo.

**Símbolo:**  $Q$  ou  $\Phi$

**Unidade SI:** metros cúbicos por segundo ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

## 2.2 Fórmula Geral da Vazão

### Fórmula Principal

**Fórmula geral:**

$$Q = \frac{V}{t}$$

onde:

- $Q$  = vazão volúmica ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- $V$  = volume de fluido ( $\text{m}^3$ )
- $t$  = intervalo de tempo (s)

## 2.3 Vazão para Escoamento Estacionário

Para um escoamento estacionário (regime permanente), onde a velocidade do fluido é constante em cada ponto:

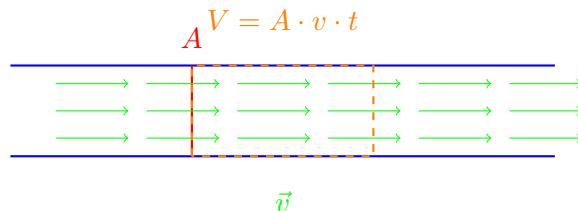
### ■ Fórmula Principal

**Fórmula para escoamento estacionário:**

$$Q = A \cdot v$$

onde:

- $Q$  = vazão volúmica ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- $A$  = área da secção transversal ( $\text{m}^2$ )
- $v$  = velocidade média do fluido ( $\text{m/s}$ )



$$Q = \frac{V}{t} = \frac{A \cdot v \cdot t}{t} = A \cdot v$$

## 3 Viscosidade

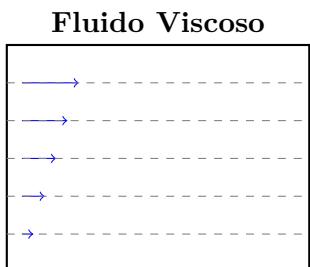
### 3.1 Conceito de Viscosidade

#### ■ Definição

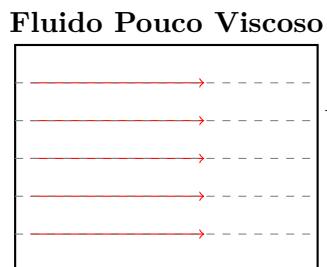
A **viscosidade** é a propriedade dos fluidos que caracteriza a sua resistência ao escoamento. É uma medida da resistência interna oferecida pelas camadas do fluido ao movimento relativo entre elas.

**Unidade SI:** pascal-segundo (Pas) ou  $\text{Ns/m}^2$

### 3.2 Visualização da Viscosidade



Velocidade aumenta com altura



Velocidade quase uniforme

### 3.3 Influência da Viscosidade no Escoamento

#### 💡 Observação Importante

##### Efeitos da viscosidade:

- **Alta viscosidade:** O fluido escoa lentamente (ex: mel, óleo espesso)
- **Baixa viscosidade:** O fluido escoa facilmente (ex: água, álcool)
- A viscosidade diminui com o aumento da temperatura para líquidos
- A viscosidade aumenta com o aumento da temperatura para gases

## 4 Fluido Ideal

#### 📘 Definição

Um **fluído ideal** é um modelo teórico de fluido que possui as seguintes características:

- **Viscosidade nula** ( $\eta = 0$ ): Não há atrito interno
- **Incompressível:** Densidade constante ( $\rho = \text{constante}$ )
- **Escoamento irrotacional:** Não há rotação das partículas
- **Não há turbulência:** Escoamento sempre laminar

**Nota:** Os fluidos reais aproximam-se do comportamento de um fluido ideal em certas condições.

#### 💡 Dica Prática

O conceito de fluido ideal simplifica significativamente os cálculos em hidrodinâmica e permite a aplicação directa dos princípios de continuidade e Bernoulli.

## 5 Princípio da Continuidade

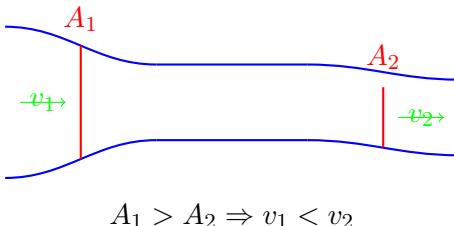
### 5.1 Conceito Físico

O Princípio da Continuidade baseia-se na **conservação da massa** para fluidos incompressíveis.

#### 💡 Observação Importante

**Ideia fundamental:** Para um fluido incompressível em escoamento estacionário, a quantidade de massa que entra numa região por unidade de tempo deve ser igual à quantidade que sai.

## 5.2 Dedução da Equação da Continuidade



## 5.3 Equação da Continuidade

### ■ Fórmula Principal

**Princípio da Continuidade:**

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = Q = \text{constante}$$

ou de forma mais geral:

$$A \cdot v = \text{constante}$$

**Significado físico:**

- Onde a secção é menor, a velocidade é maior
- Onde a secção é maior, a velocidade é menor
- O produto  $A \cdot v$  permanece constante ao longo do tubo

### 💡 Dica Prática

**Aplicação prática:** Quando você tampa parcialmente a saída de uma mangueira com o dedo, a água sai com maior velocidade porque a área de saída diminuiu.

## 6 Princípio de Bernoulli

### 6.1 Introdução e Conceito

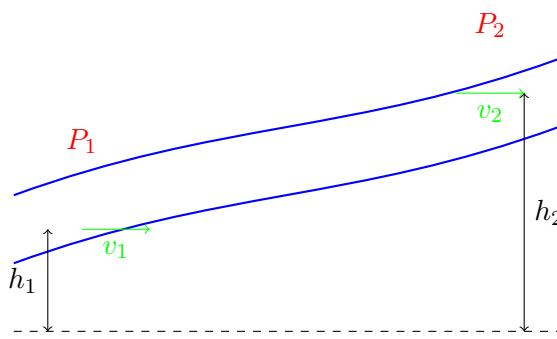
O Princípio de Bernoulli, formulado pelo físico suíço Daniel Bernoulli (1700-1782), é uma das leis fundamentais da mecânica dos fluidos.

### 💡 Observação Importante

**Base física:** O princípio de Bernoulli é uma consequência da conservação da energia mecânica aplicada aos fluidos em movimento.

### 6.2 Dedução Conceptual

Para um fluido ideal escoando num tubo:



### Conservação da Energia

Energia Cinética + Energia Potencial + Energia de Pressão = Constante

## 6.3 Equação de Bernoulli

### ■ Fórmula Principal

**Equação de Bernoulli:**

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

ou de forma geral:

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h = \text{constante}$$

**Significado de cada termo:**

- $P$  = **Pressão estática** - energia por unidade de volume devido à pressão
- $\frac{1}{2}\rho v^2$  = **Pressão dinâmica** - energia cinética por unidade de volume
- $\rho g h$  = **Pressão hidrostática** - energia potencial por unidade de volume

## 6.4 Formas Alternativas da Equação

### ■ Fórmula Principal

**Equação de Bernoulli dividida por  $\rho g$  (em termos de alturas):**

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2$$

**Significado dos termos:**

- $\frac{P}{\rho g}$  = altura de pressão
- $\frac{v^2}{2g}$  = altura cinética
- $h$  = altura geométrica

## 6.5 Aplicações do Princípio de Bernoulli

### 💡 Observação Importante

#### Aplicações práticas importantes:

1. **Tubo de Venturi:** Medição de vazão
2. **Asa de avião:** Sustentação aerodinâmica
3. **Carburador:** Aspiração de combustível
4. **Chaminés:** Tiragem natural
5. **Torneira:** Variação de velocidade

## 7 Exemplos Resolvidos

### 7.1 Exemplo 1: Aplicação da Continuidade

#### 📝 Exemplo Prático

**Problema:** Água escoa numa tubagem horizontal. Numa secção, o diâmetro é 10 cm e a velocidade é 2 m/s. Numa segunda secção, o diâmetro é 5 cm. Determine a velocidade na segunda secção.

**Resolução:**

**Dados:**

- $d_1 = 10 \text{ cm} = 0.10 \text{ m}$
- $v_1 = 2 \text{ m/s}$
- $d_2 = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$
- $v_2 = ?$

**Passo 1:** Calcular as áreas das secções

$$A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{\pi \times (0,10)^2}{4} = \frac{\pi \times 0,01}{4} = 7.85 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (1)$$

$$A_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} = \frac{\pi \times (0,05)^2}{4} = \frac{\pi \times 0,0025}{4} = 1.96 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (2)$$

**Passo 2:** Aplicar o princípio da continuidade

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (3)$$

$$v_2 = \frac{A_1 v_1}{A_2} = \frac{7,85 \times 10^{-3} \times 2}{1,96 \times 10^{-3}} \quad (4)$$

$$v_2 = \frac{15,7 \times 10^{-3}}{1,96 \times 10^{-3}} = 8 \text{ m/s} \quad (5)$$

**Resposta:** A velocidade na segunda secção é 8 m/s.

## 7.2 Exemplo 2: Aplicação de Bernoulli

### Exemplo Prático

**Problema:** Um reservatório grande tem água até uma altura de 5 m. No fundo do reservatório há um orifício pequeno. Determine a velocidade de saída da água pelo orifício. (Considere a pressão atmosférica constante)

**Resolução:**

**Dados:**

- Altura da coluna de água:  $h = 5 \text{ m}$
- Velocidade na superfície:  $v_1 \approx 0$  (reservatório grande)
- Pressão na superfície = Pressão no orifício =  $P_{atm}$

**Aplicação de Bernoulli entre a superfície (1) e o orifício (2):**

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 \quad (6)$$

**Simplificações:**

- $P_1 = P_2 = P_{atm}$  (ambos expostos à atmosfera)
- $v_1 \approx 0$  (reservatório grande)
- $h_1 - h_2 = h = 5 \text{ m}$

**Substituindo:**

$$P_{atm} + 0 + \rho g h = P_{atm} + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + 0 \quad (7)$$

$$\rho g h = \frac{1}{2}\rho v_2^2 \quad (8)$$

$$gh = \frac{1}{2}v_2^2 \quad (9)$$

$$v_2^2 = 2gh \quad (10)$$

$$v_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9,8 \times 5} \quad (11)$$

$$v_2 = \sqrt{98} = 9,9 \text{ m/s} \quad (12)$$

**Resposta:** A velocidade de saída é aproximadamente 9,9 m/s.

**Nota:** Esta é a famosa **fórmula de Torricelli**:  $v = \sqrt{2gh}$